

**Uninterruptable power supply e.g. for use on island - has photovoltaic panels, wind generator, and storage battery connected in parallel to busbar, with emergency diesel generator**

**Patent number:** DE4232516  
**Publication date:** 1993-03-04  
**Inventor:** SOURKOUNIS CONSTANTIS (DE); BECK HANS PETER (DE)  
**Applicant:** SOURKOUNIS CONSTANTIS (DE); BECK HANS PETER (DE)  
**Classification:**  
- **international:** H02J3/38; H02J7/35; H02J9/08  
- **european:** H02J3/28, H02J3/46, H02J7/35  
**Application number:** DE19924232516 19920922  
**Priority number(s):** DE19924232516 19920922

**Abstract of DE4232516**

The load busbars of an uninterruptable island power supply (UPS) are fed in parallel with photovoltaic panels connected to the load busbars through inverters, wind generating plant connected to the busbars through transformers, a storage battery with self-commutating inverters through a transformer, and a diesel-powered emergency generator. The photovoltaic panels and wind generators supply the load and the battery charging, and if there is insufficient solar or wind energy, the battery then provides a boost to the busbars.

In extreme circumstances, the emergency generator will come on line to supply power, at the same time, charging the battery through line-commutating rectifiers.

**ADVANTAGE** - Good power and reactive power control without need of continuously-running synchronous generator, using commercially-available equipment.

---

Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

①2 **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 42 32 516 A 1**

⑤1 Int. Cl.<sup>5</sup>:  
**H 02 J 9/08**  
H 02 J 3/38  
H 02 J 7/35

②1 Aktenzeichen: P 42 32 516.1  
②2 Anmeldetag: 22. 9. 92  
④3 Offenlegungstag: 4. 3. 93

DE 42 32 516 A 1

Mit Einverständnis des Anmelders offengelegte Anmeldung gemäß § 31 Abs. 2 Ziffer 1 PatG

⑦1 Anmelder:

Beck, Hans Peter, 3380 Goslar, DE; Sourkounis,  
Constantis, 3392 Claustal-Zellerfeld, DE

⑦2 Erfinder:

gleich Anmelder

⑤4 Autonomes modulares Energieversorgungssystem für Inselnetze

⑤7 Aufgabe der Erfindung ist es, ein autonomes modulares Wind-Photovoltaik-Batterie-Dieselsystem zu konzipieren, bei dem die zur Netzföhrung bisher heute notwendige Synchronmaschine ersetzt und ein System entwickelt wird, mit dem eine Wirk- und Blindleistungskompensation mit Spannungseinprägung auf der Gleichstromseite erfolgen kann. Darüber hinaus soll durch Verwendung von erprobten auf dem Markt verfügbaren Komponenten die Modularität und Wirtschaftlichkeit der Anlage erreicht werden. Gelöst wird diese Aufgabe dadurch, daß anstelle eines netzgeführten Umkehrstromrichters zur Wirkleistungskompensation sowie eines Synchronmaschinenphasenschiebers zur Blindleistungskompensation eine unterbrechungsfreie Stromversorgung (USV) mit am Eingang angeschlossenem Notstromaggregat Verwendung findet. Derartige unterbrechungsfreie Stromversorgungen sind an sich bekannt und werden heute z. B. zur Speisung von Computeranlagen verwendet. Hier sollen sie in modifizierter Form zur Inselnetzföhrung eingesetzt werden.

DE 42 32 516 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur autonomen modularen Energieversorgung mit Photovoltaik- und Windenergieeinspeisung zur Versorgung von Verbrauchern mit elektrischer Energie aus einem Inselnetz.

In den letzten Jahren hat die Gewinnung elektrischer Energie aus Sonne und Wind gerade in abgelegenen Gebieten zunehmend Anwendung gefunden. Aufgrund der steigenden Energiepreise ist insbesondere die Nutzung der Windenergie in den wirtschaftlichen Bereich gerückt.

Vor diesem Hintergrund sind autonome Energieversorgungssysteme in hybrider Technik entwickelt worden, welche es erlauben, den Dieselmotor abzuschalten, wenn Sonnen- und Windenergie in ausreichendem Maße zur Verfügung stehen. Die Nutzung des existierenden Energiespeichers ermöglicht, die Dieselmotorlaufzeiten und die Anzahl seiner Starts zu minimieren. Die Nutzung eines parallel arbeitenden stromrichtergespeisten Batteriespeichers ermöglicht, in Schwachwindzeiten die Energie aus der Batterie in das Inselnetz einzuspeisen und somit eine gewisse Wirkleistungskompensation zum Ausgleich von Lastschwankungen vornehmen zu können. Ein derartiges System mit Synchronmaschine als rotierendem Phasenschieber ist in den letzten Jahren entwickelt worden; es wird heute mit Erfolg z. B. auf der irischen Insel Cape Clear eingesetzt (vgl. G. Cramer, R. Grebe (SMA Regelsysteme GmbH), Wind-Diesel-Batteriesystem auf Cape Clear/Irland, Statusbericht für das Jahr 1990 zum Forschungsvorhaben O3E-8536-B des Bundesministeriums für Forschung und Technologie).

Ein Nachteil dieses Systems ist durch die Tatsache gegeben, daß zur Netzführung, d. h. zur Spannungshaltung und Blindleistungskompensation mindestens eine Synchronmaschine im Phasenschieberbetrieb ständig mitlaufen muß. Sie ist in ihrer Nennleistung auf die des Netzes angepaßt und verursacht aufgrund dessen nennenswerte Leerlaufverluste, Geräusche sowie Wartungsaufwendungen, die durch den Einsatz eines selbstgeführten Stromrichters mit modernen Leistungshalbleitern erheblich verringert werden können; hierzu wird z. B. auf Ch. Duca, F. Feilcke, Wirkungsgradoptimierte USV-Anlagen, etz Bd. 111(1990), Heft 20, S. 1048–1057 verwiesen. Über Wirkungsgradverbesserungen und eine Erhöhung der Regeldynamik kann die Wirtschaftlichkeit und Spannungs-Frequenzhaltung des Gesamtsystems verbessert werden.

In letzter Zeit sind auch moderne Windkonverter mit Stromrichtereinspeisung auf den Markt gekommen, die eine 5–20% höhere Energieausbeute haben. Diese können jedoch an das vorhandene Wind-Photovoltaik-Batterie-Dieselsystem nicht so ohne weiteres angeschlossen werden, da sie starke Blindleistungsschwankungen verursachen, die aufgrund der geringen Regeldynamik des Synchronphasenschiebers nur unzulänglich dynamisch kompensiert werden.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein autonomes modulares Wind-Photovoltaik-Batterie-Dieselsystem zu konzipieren, bei dem die zur Netzführung bisher heute notwendige Synchronmaschine ersetzt wird und ein System entwickelt wird, mit dem eine Wirk- und Blindleistungskompensation mit Spannungseinprägung auf der Gleichstromseite erfolgen kann. Darüber hinaus soll durch Verwendung von erprobten auf dem Markt verfügbaren Komponenten die Modularität und Wirtschaftlichkeit der Anlage erreicht werden.

Gelöst wird diese Aufgabe gemäß den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruchs 1, vorteilhafte Ausgestaltungen sind den Unteransprüchen entnehmbar.

Anstelle eines netzgeführten Umkehrstromrichters zur Wirkleistungskompensation, d. h. zur Ladung und Entladung eines Batteriespeichers, sowie eines Synchronmaschinenphasenschiebers zur Blindleistungskompensation wird eine unterbrechungsfreie Stromversorgung (USV) mit am Eingang angeschlossenem Notstromaggregat verwendet. Derartige unterbrechungsfreie Stromversorgungen sind an sich bekannt und werden z. B. bereits zur gezielten Speisung von Computeranlagen verwendet. Hier sollen sie zur Inselnetzführung eingesetzt werden.

Anhand von Ausführungsbeispielen wird die Erfindung im nachstehenden näher erläutert. Es zeigen: Fig. 1 den prinzipiellen Aufbau einer derartigen Anlage, Fig. 2 ein Ausführungsbeispiel für eine autonome Energieversorgung.

In Fig. 1 ist ein Inselnetz 1 dargestellt, das von einer Anlage her über einen Verteiltransformator 3d von einem selbstgeführten Stromrichter 3c aus einer Batterie 3b gespeist wird. Die Batterie 3b wiederum kann neben der Ladung durch den selbstgeführten Wechselrichter 3c bei Rückspeisebetrieb im Falle genügender Energieeinspeisung durch Photovoltaikanlage 4 bzw. durch die Windkonverter 5 auch über ein Notstromaggregat 3f, 3g mit elektrischer Energie versorgt werden, wobei ein gesteuerter Gleichrichter 3a als Batterieladegerät dient. Der selbstgeführte Stromrichter 3c hat die Aufgabe, die Netzspannung des Inselnetzes 1 trotz eines schwankenden Energieangebots (Wind) und wechselnder Lasten 6 weitgehend konstant zu halten. Eine Filteranlage 2 dient zur Kompensation der Stromoberschwingungen im Netz, die von den netzgeführten Stromrichtern 4a, 5a hervorgerufen werden. Die Grundschrwingungsblindleistungskompensation übernimmt die Filteranlage 2 ebenfalls, soweit es sich um die vorhersehbaren statischen Anteile handelt. Die dynamischen Anteile, die ursächlich mit Spannungsschwankungen im Zusammenhang stehen, werden vom selbstgeführten Stromrichter 3c abgegeben (kapazitiv) bzw. aufgenommen (induktiv).

Die Batterie 3b ist als elektrochemischer Speicher derart ausgelegt, daß die Differenz zwischen Energieangebot und -nachfrage gedeckt werden kann (sog. Wirkleistungskompensation). Auf diese Weise wird das Dieselaggregat 3f, 3g zum Notstromaggregat, welches nur in Betrieb geht, wenn ein Mindestladezustand des Batteriespeichers unterschritten ist. Dies hat mehrere Vorteile. Zum einen wird durch nichtige Speicherdimensionierung der Betrieb des Dieselmotors auf ca. 0–30% der Gesamtbetriebsdauer des Systems reduziert, wodurch sich erhebliche Treibstoffersparnisse einstellen. Zum anderen kann in Zeiten schwachen Energieangebots das Notstromaggregat zur gleichzeitigen Speicheraufladung und Verbraucherversorgung durch Schließen der Überschalteinrichtung 3e eingesetzt werden. Das Dieselaggregat wird so überwiegend unter Vollast betrieben, welches zu weiteren Treibstoffersparnissen führt, weil der Vollastbetrieb im allgemeinen einen besseren Wirkungsgrad als der Betrieb im Teillastbereich aufweist.

Bei Windkonvertern sind heute zwei grundsätzliche Typen zu unterscheiden. Es gibt zum einen teilweise windgeführte Anlagen mit variabler Drehzahl und Stromrichterleistungsregelung 5a. Bei diesen Anlagen wird die Drehzahl des Rotors 5d bzw. die der Synchronmaschine 5b, die über ein Getriebe 5c mit diesem gekop-

pelt ist, entsprechend der Windgeschwindigkeit angepaßt. Hierdurch erhöht sich der Energieertrag. Bei Windkonverteranlagen mit quasi fester Drehzahl entfällt die elektronische Leistungsregelung. Anstelle der Synchronmaschine 5b wird eine Asynchronmaschine 5e eingesetzt, die ihren Schlupf entsprechend dem Windangebot selbst einstellt. Die zum Betrieb erforderliche Blindleistung wird bei beiden Anlagentypen von der USV-Anlage und dem Filter 2 geliefert. Dies gilt auch für die Blindleistung, welche der netzgeführte Stromrichter der Photovoltaikanlage und die Verbraucher aufnehmen.

Das Energiemanagement der Anlage wird von der Betriebsführungseinrichtung 7 vorgenommen, die aus einem herkömmlichen Automatisierungssystem mit entsprechender Software besteht.

Die Fig. 2 zeigt ein Ausführungsbeispiel für eine autonome Energieversorgung, wie sie für eine griechische Insel mit ca. 300 MWh/a Energieverbrauch geplant ist. Das dreiphasige 400 V-Inselnetz mit 50 Hz Netzfrequenz wird mit zwei USV-Anlagen 3, 3' gespeist, die jeweils von einem Notstromaggregat 3gf, 3'gf mit 60 kVA versorgt werden können. Ein weiteres 40 kVA-Modul 3 dient der Deckung von Überlasten in Zeiten zu geringem Sonnen- und Windangebots. Dieses wird dann mittels der Thyristor-Überschalteneinrichtung 3h an das Netz 1 geschaltet, wobei es sich selbsttätig auf die Netzspannung synchronisiert, die von den beiden selbstgeführten Wechselrichtern 3e, 3e' der USV-Anlage geliefert wird.

Die installierte Leistung dieser Energieversorgungsanlage wird durch die maximal entnehmbare Verbraucherleistung 6, 6' bestimmt, welche hier in zwei Gruppen mit unterschiedlicher Versorgungspriorität aufgeteilt sind.

Bei einer angenommenen Verbraucherleistung von z. B. 150 kW bzw. 200 kVA betragen die Typenleistungen beider USV-Anlagen je 100 kVA. Sie decken damit die Blindleistung der beiden Windkonverteranlagen 5, 5' mit 80 kW<sub>p</sub> (100 kVA) und die der Photovoltaikanlage 4 mit 25 kW<sub>p</sub> (40 kVA). Die erforderliche Blindleistung der parallel arbeitenden über netzgeführte Stromrichter angeschlossenen Solar- bzw. Windgeneratoren beträgt darum bei einem mittleren angenommenen Leistungsfaktor von  $\cos \varphi = 0,8$   $Q_{\Sigma} = (2 \times 60 + 24)$  kVar ca. 150 kVar.

Es bleiben 50 kVar als Regelreserve für die USV-Anlage zur Spannungsstabilisierung übrig. Die Verbraucherblindleistung in Höhe von 120 kVar (ind.) wird durch das Filter 2 gedeckt. Es kompensiert auch die Oberschwingungen der Stromrichterströme.

Die Wirkleistung der Verbraucher in Höhe von 150 kW wird in Normalbetrieb von den Windkonvertern 5, 5' und dem Solargenerator 4 gedeckt, wobei die Wirkleistungsschwankungen von der USV-Anlage ausgeglichen werden. Die Batteriespeicher werden so dimensioniert, daß die Differenz zwischen der angebotenen und nachgefragten Augenblicksleistung gedeckt werden kann, ohne daß die Notstromaggregate 3gf, 3'gf eingeschaltet werden müssen. So ist im Nennbetrieb eine Speisung der Verbraucher aus den regenerativen Quellen möglich.

Erst wenn die Speicher entladen sind und die nachgefragte Leistung nicht geringer geworden ist, erfolgt eine Zuschaltung aller Notstromaggregate. Die Differenz zur nachgefragten Verbraucherleistung und der Nennleistung der Notstromaggregate trägt zur Aufladung der Batteriespeicher bei.

Sollte das Angebot an Solar- und Windenergie weiter zurück gehen, werden die Verbraucher mit geringerer Priorität 6' so lange abgeschaltet, bis alle Batteriespeicher wieder aufgeladen sind.

Im Falle eines weit ausgedehnten Netzes kann am Ende einer Stichleitung zur Spannungsstabilisierung eine USV-Anlage ohne Notstromaggregat 7 zum Ausgleich der Wirk- und Blindstromeinpendelung installiert werden. Auf die Weise können Flickererscheinungen, hervorgerufen durch Schaltvorgänge im Netz und Spannungsabfälle auf der Leitung, mit Geräten derselben Technologie vermieden werden bzw. die Kurzschlußleistung an diesen Stellen auf den gewünschten Wert erhöht werden.

Sollten ein oder zwei der selbstgeführten Stromrichter 3c, 3'c der USV-Anlage ausfallen, so werden die zugehörigen Leistungsschalter 3i geschlossen und alle drei Notstromaggregate gestartet. Die Anlage ist derart ausgelegt, daß in diesem Fall die Netzführung von den Synchronmaschinen übernommen wird und ein Betrieb der Anlage bei Nennlast auch im Fehlerfall gegeben ist. Erst beim Ausfall weiterer Einheiten muß die Verbraucherleistung durch Abschalten der Verbrauchergruppe mit niedrigerer Priorität 6' verringert werden. Nachteilig ist jetzt natürlich der Treibstoffverbrauch, das Abgas und die Geräusche der Notstromaggregate.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur autonomen modularen Energieversorgung mit Photovoltaik- und Windenergieeinspeisung zur Versorgung von Verbrauchern mit elektrischer Energie aus einem Inselnetz ist dadurch gekennzeichnet, daß für eine Netzführung mit unterbrechungsfreier Stromversorgung (USV) eine Anordnung (3) bestehend aus einem netzgeführten Stromrichter (3a), einer Batterie (3b), einem selbstgeführten Stromrichter (3c), einem Transformator (3d), einem Filterkreis (2) und einem Notstromaggregat (3f, 3g) mit Überschalteneinrichtung (3e) eingesetzt wird, bei der im Normalbetrieb das Notstromaggregat (3f, 3g) abgeschaltet ist, und Photovoltaik- und Windkonverteranlagen (4, 5) die Versorgung der Verbraucher (6) und die Ladung der Batterie (3b) über den selbstgeführten Wechselrichter (3c) übernehmen und daß nur im Falle einer nicht ausreichenden Einspeisung aus den regenerativen Energiequellen Sonne und Wind die fehlende Energie in umgekehrter Richtung zunächst aus der Batterie (3b) und, falls diese zur Überbrückung der Lücken im Energieangebot nicht ausreicht, mittels des Notstromaggregates (3f, 3g) gedeckt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß beim Einschalten des Notstromaggregates (3f, 3g) für eine Aufladung der Batterie (3b) die Überschalteneinrichtung (3e) zur elektrischen Verbindung des Notstromaggregates (3f, 3g) mit dem Inselnetz (1) von der Betriebsführung (7) eingeschaltet und die vom Aggregat erzeugte elektrische Energie zur Ladung der Batterie (3b) und Versorgung der Verbraucher (6) genutzt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß zur Erhöhung der Verfügbarkeit beim Ausfall des selbstgeführten Stromrichters (3c) das Notstromaggregat (3f, 3g) gestartet, die Überschalteneinrichtung (3e) geschlossen und die Versorgung der Verbraucher (6) sowie die Netzführung

von der Synchronmaschine (3g) des Notstromaggregates übernommen wird.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß im Falle redundanter Notstromaggregate und USV-Anlagen jeweils eine USV-Anlage mit einem weiteren Notstromaggregat gekoppelt wird und diese zur Leistungssteigerung des Netzes synchronisiert betrieben werden.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zur Blind- und Oberschwingungsstromkompensation in Ausläufern des Inselnetzes eine Filteranlage (2) oder eine USV-Anlage ohne angeschlossenem Notstromaggregat (3f, 3g) und netzgeführtem Stromrichter (3a) vorgesehen wird, wobei die USV-Anlage bei entsprechender Auslegung der Batterie (3b) neben der Blindstromkompensation auch zur Wirkstromkompensation mitbenutzbar ist.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zur Langzeitenergiespeicherung ein Pumpspeicherwerk mit Wasserkraftgeneratoren vorgesehen wird.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zur umkehrbaren Langzeitenergiespeicherung im Gleichspannungszwischenkreis der USV-Anlage parallel oder anstelle der Batterie (3b) eine Brennstoffzelle mit Elektrolyseur bzw. eine umkehrbare Brennstoffzelle mit Wasserstoff als Sekundärträger eingesetzt wird.

---

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

---

35

40

45

50

55

60

65

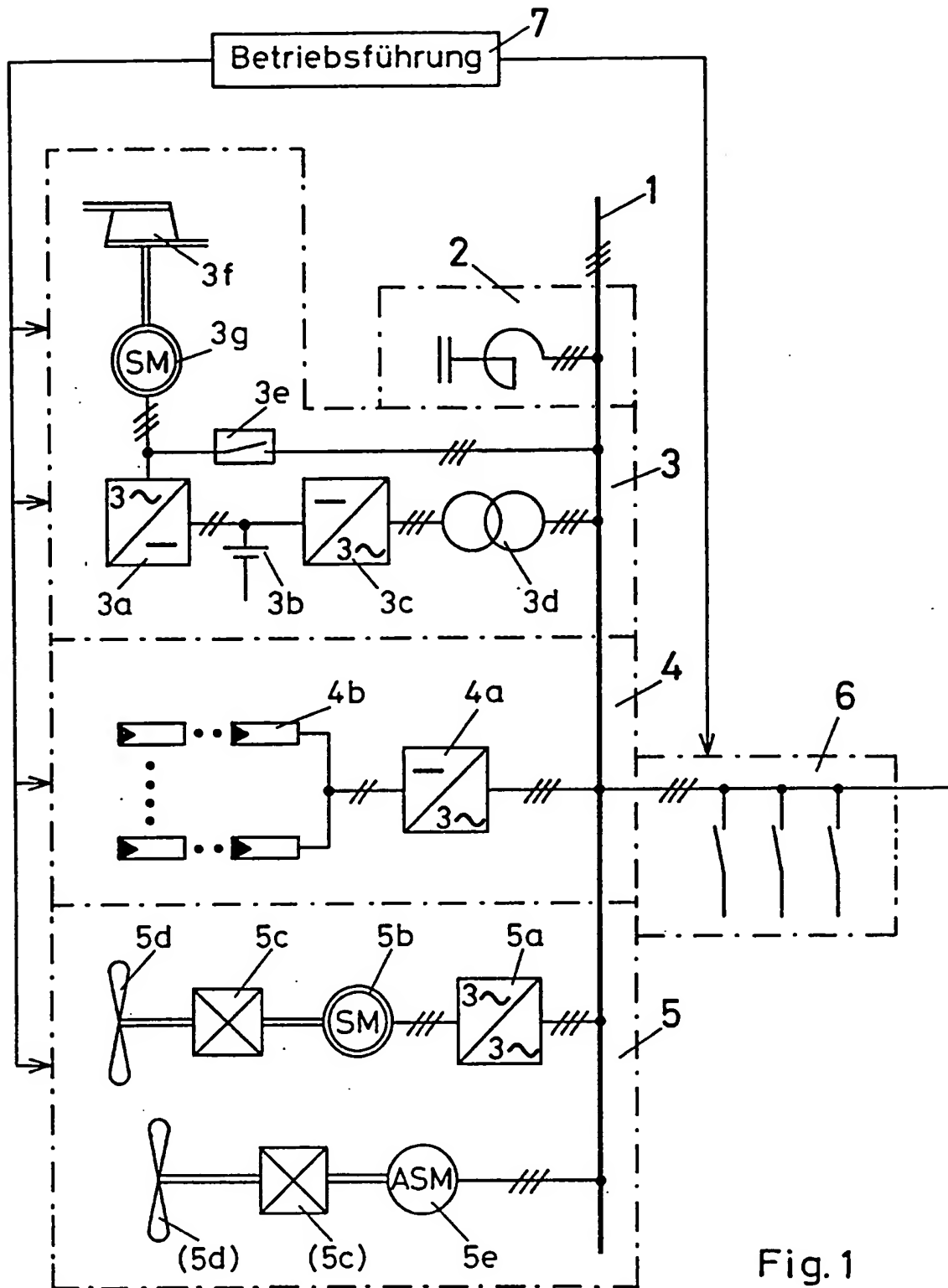


Fig.1



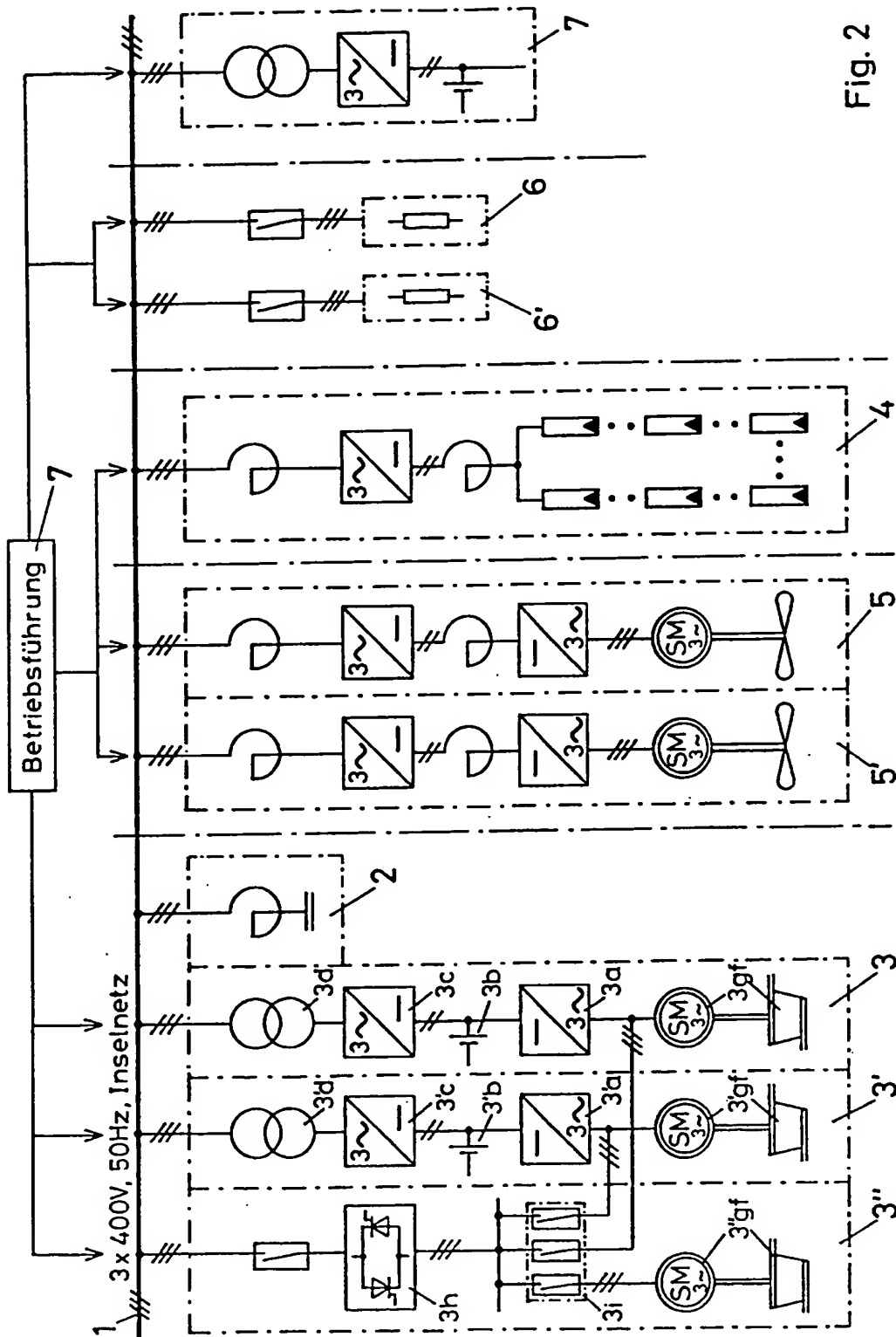


Fig. 2